

УДК 674.048.5

О. К. Леонович, кандидат технических наук, доцент,
заведующий научно-исследовательской лабораторией (БГТУ);
С. П. Судникович, магистрант (БГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРЕВЯННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Исследована прочность клеевых соединений бруса клееного многослойного после огнебиозащитной обработки его гидрофильными и гидрофобными средствами при различных температурах и определены теплотехнические характеристики деревянных строительных конструкций, склеенных меламино-мочевино-формальдегидными и фенолорезорциновыми клеями. В соответствии с СТБ EN 335-1-2009 исследована возможность применения деревянных строительных конструкций, подверженных постоянному намоканию. Установлено расчетное сопротивление ограждающей конструкции из древесины сосны. Предложен вариант многослойной наружной стеновой панели для домов каркасного типа.

Investigated the strength of adhesive joints glued laminated timber after heat-treatment bioprotective hydrophilic and hydrophobic agents in different temperatures and determined thermal characteristics of wooden building constructive functions glued melamine-urea-formaldehyde adhesives and fenolorezortsinovymi. In accordance with СТБ EN 335-1-2009 the possibility of using wooden building structures exposed to constant wet. Set design resistance cladding of pine wood. A variant of the multi-layered exterior wall panels for homes frame type.

Введение. Конструкции деревянные клееные (КДК) применяются в общественном, жилищном, транспортном и других отраслях строительства.

Нормативные требования к клееной многослойной древесине определяются в странах СНГ следующими нормативными документами: в Беларуси – СТБ 1722, в России – ГОСТ 20850–84, в странах Евросоюза – EN 386, EN 1995-1-1. В указанных нормативных документах регламентируется толщина склеиваемых слоев в клееных деревянных конструкциях не более 33 мм – для несущих и 42 мм – для ненесущих. Классификация бруса по температурно-влажностным условиям эксплуатации подразделяется в соответствии с EN 386 и EN 1995-1-1 на три класса эксплуатации. 1-й и 2-й классы эксплуатации характеризуются соответственно максимальной относительной влажностью 65 и 85% и температурой меньше 30°C. При этих параметрах воздушной среды в соответствии с СТБ EN 301-206 рекомендуются группы клеев D1, D2, D3, что соответствует по EN 1995-1 типам клея I или II. При максимальной относительной влажности среды – 95% и температуре – меньше 60°C (класс эксплуатации 3) рекомендован клей группы D4, тип I.

Основные правила прочностных расчетов деревянных конструкций изложены в СНБ 5.05.01-2000, ТКП 45-5.05.146-2009. Теплотехнические характеристики ограждающих конструкций рассчитываются по ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника».

Целью данной работы является исследование возможности применения деревянных строительных конструкций в условиях повышенного увлажнения, влияния пропитки гидрофобными и

гидрофильными защитными средствами на свойства КДК, а также влияния воздействия температурных параметров обработки на прочность клеевых соединений и определение теплотехнических характеристик деревянных строительных конструкций, склеенных меламино-мочевино-формальдегидными и фенолорезорциновыми клеями.

Основная часть. Применение древесины в строительстве актуально, особенно в каркасном домостроении.

При анализе требований к древесине, являющейся гигроскопичным материалом, необходимо отметить, что строительные нормы значительно жестче общих требований к КДК.

Стойкость древесины и изделий из древесины в строительстве в соответствии с СТБ EN 335-1-2009 ч. 1 подразделяется на 5 классов.

Так, в классе использования 1 материал на основе древесины находится в укрытии и не подвергается воздействию погоды и намокания. В классе использования 2, кроме этого, в атмосфере присутствует высокая относительная влажность, что может привести к случайному или кратковременному намоканию. В классе использования 3 материал на основе древесины находится в укрытии и не находится в контакте с землей и не подвержен намоканию. В отличие от общенормативных требований к клееным конструкциям, в классе использования 4 материал на основе древесины находится в контакте с землей или с водой и поэтому может постоянно подвергаться намоканию, а в классе использования 5 находится в условиях постоянного воздействия соленой воды.

Требуется проведение исследовательских работ в области адгезии и когезии применяемых

клеев и прочностных характеристик строительных конструкций при различных условиях эксплуатации. Это позволит гарантировать сохранение требуемых прочностных характеристик строительных конструкций.

Определение прочности клеевых соединений при послойном скалывании конструкций деревянных определялось по ГОСТ 25884–83. Образцы изготавливались в виде прямоугольной призмы сечением $(50 \times 50) \pm 0,5$ мм и высотой, равной высоте сечения элементов. При определении водостойкости клеевых соединений по ГОСТ 17005–82 предел прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон устанавливался по ГОСТ 15613.1–84. Для проведения испытаний применялась испытательная машина по стандарту ГОСТ 7855–74 с максимальным усилием до 50 000 Н. Влажность образцов определяли по ГОСТ 16588–91 непосредственно после испытаний. Образец нагружали непрерывно при скорости перемещения нагружающей головки испытательной машины $((1,5-2) \times 10^{-4}$ м/с). Испытание продолжают до разрушения образца. Разрушающую нагрузку определяли с точностью 50 Н.

Проведены исследования прочности клеевых соединений по ГОСТ 17005 при скалывании вдоль волокон клееной многослойной древесины, склеенной меламинамочевинформальдегидными (ММФ) и фенолорезорциновыми (ФРФ) клеями, а также испытана прочность клеевых соединений при воздействии давления,

температуры после выдержки в холодной и горячей воде. Результаты исследования прочности клеевых соединений под воздействием температуры, давления и выдержки в воде при пропитке в автоклаве представлены в табл. 1.

Поверхностная пропитка масляным составом снижает прочность на 1% от прочности непропитанного бруса, а пропитка водорастворимыми составами, не содержащими медь, снижает прочность на 4–5%.

Конструкции с низким термическим сопротивлением подвергаются промерзанию. При оттаивании в конструкции скапливается конденсат. Между слоями ограждающей конструкции при неправильном их расположении также может скапливаться конденсат.

Установлено, что при толщине бревна из древесины сосны 210 мм расчетное сопротивление составляет всего $1,32 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, что не соответствует нормативным требованиям. Предложен вариант многослойной наружной стеновой панели, состоящей из деревянного каркаса с утеплителем, паро- и ветроизоляционных пленок, плит ОСБ с двух сторон и 50 мм пенопласта с наружной стороны. Расчетное сопротивление теплопередаче панели составляет $4,24 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, что больше нормируемого, равно $3,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Многослойная стеновая панель в соответствии с проведенным расчетом соответствует нормируемым параметрам и позволяет значительно снизить потребление древесины при строительстве домов каркасного типа.

Таблица 1

**Исследование прочности клеевых соединений
под воздействием температуры, давления и выдержке в воде**

Наименование бруса	Тип клея	Способы обработки после пропитки					Предел прочности при скалывании
		Пропитка в автоклаве масляным составом	Пропитка в автоклаве солевым составом	Температурный режим, $^\circ\text{C}$	Выдержка в воде по ГОСТ 17005–82 при t , $^\circ\text{C}$	Выдержка в кипящей воде по ГОСТ 17005–82 при t , $^\circ\text{C}$	
БК	ММФ	–	–	–	–	–	8,3
БК	ФРФ	–	–	–	–	–	9,1
БК	ММФ	–	–	–	–	–	–
БК	ФРФ	М	–	70	–	–	11,1
БК	ММФ	–	–	–	–	–	–
БК	ФРФ	–	С	70	–	–	6,0
БК	ММФ	–	–	90	–	–	6,4
БК	ФРФ	–	–	90	–	–	8,4
БК	ММФ	М	–	70	20	–	7,7
БК	ФРФ	–	–	–	–	–	–
БК	ММФ	–	С	70	20	–	7,28
БК	ФРФ	–	–	–	–	–	–
БК	ММФ	М	–	70	20	100	5,3
БК	ФРФ	–	–	–	–	–	–
БК	ММФ	–	С	70	20	100	4,5
БК	ФРФ	–	–	–	–	–	–

Таблица 2

Исследование прочности клеевых соединений под воздействием температуры и выдержки в воде

Наименование бруса	Тип клея	Способы обработки после пропитки					Предел прочности при скалывании
		Пропитка в автоклаве масляным составом	Пропитка в автоклаве соевым составом	Температурный режим, °С	Выдержка в воде по ГОСТ 17005–82 при t , °С	Выдержка в кипящей воде по ГОСТ 17005–82 при t , °С	
БК	ММФ	–	–	–	–	–	8,3
БК	ФРФ	–	–	–	–	–	9,1
БК	ММФ	М	–	70	–	–	11,3
БК	ФРФ	–	–	–	–	–	–
БК	ММФ	–	С	70	–	–	7,2
БК	ФРФ	–	–	–	–	–	–
БК	ММФ	–	–	–	–	–	–
БК	ФРФ	М	–	70	20	–	4,7
БК	ММФ	–	–	–	–	–	–
БК	ФРФ	–	С	70	20	–	6,5
БК	ММФ	–	–	–	–	–	–
БК	ФРФ	М	–	70	20	100	4,9
БК	ММФ	–	–	–	–	–	–
БК	ФРФ	–	С	70	20	100	6,9

Результаты исследования прочности клеевых соединений под воздействием температуры, давления и выдержки в воде по ГОСТ 17005 при пропитке методом горячехолодных ванн представлены в табл. 2.

При температуре воздушной среды 90°С прочность клеевого соединения падает, и применение высокотемпературных технологий пропитки требует дополнительных расчетов и испытаний строительных конструкций на прочность. Влияние воздействия температуры на прочность клеевого соединения показано на рис. 1.

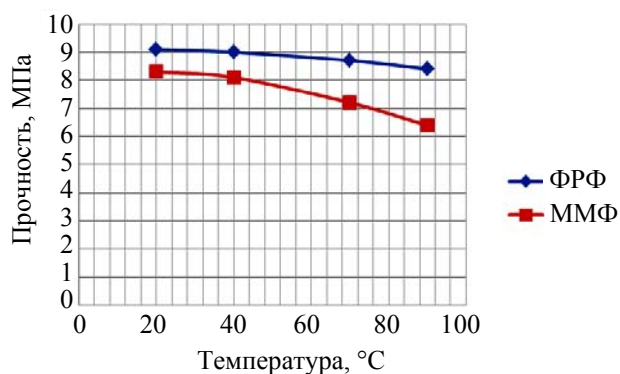


Рис. 1. Влияние температуры воздушной среды на прочность клеевого шва

Проверена возможность применения деревянных строительных конструкций, подверженных постоянному намоканию (класс эксплуатации 4), по СТБ EN 335-1-2009. Влияние воздействия воды на прочность клеевого соединения показано на рис. 2. Прочность клеевого соединения на скалывание после нахождения бруса в

воде в течение 5 сут оказалась ниже нормативной. При дальнейшей выдержке в воде прочность клеевого соединения продолжала снижаться.

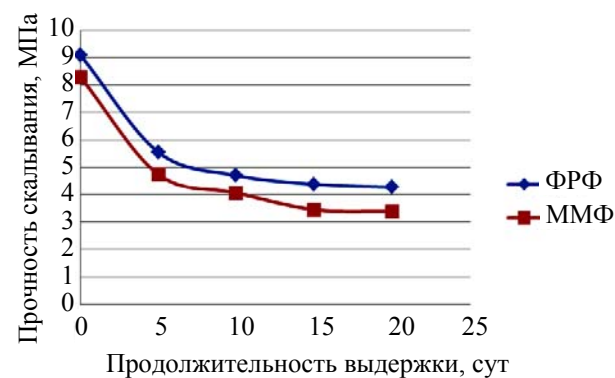


Рис. 2. Влияние воздействия воды на прочность клеевого соединения

Заключение. Масляные защитные средства при низкотемпературной технологии обработки незначительно снижают прочность клеевых деревянных конструкций.

Применение строительных конструкций клеевых меламина-мочевино-формальдегидными и фенолорезорциновыми клеями возможно только в классах использования 1–3 и не рекомендуется в классах использования 4–5 в контакте с водой или грунтом.

Для строительства домов приемлема многослойная структура ограждающих несущих конструкций с расчетом несущей способности, термического сопротивления, паропроницаемости, относительной влажности конструкции.

Поступила 21.02.2013